



USAID | **MEXICO**
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

EL MERCADO DE PROYECTOS DE ENERGIA LIMPIA EN MEXICO DESDE UNA VISION DE BANCABILIDAD

MEXICO LOW EMISSIONS DEVELOPMENT PROGRAM

CONTRACT: AID-523-C-11-00001

Febrero, 2013

Este documento fue elaborado por Tetra Tech Inc. ES para Nacional Financiera, S.N.C. con el apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

AVISO LEGAL

Las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan necesariamente la opinión de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional ni la del Gobierno de los Estados Unidos.

www.mledprogram.org

El presente documento fue elaborado a partir del estudio desarrollado por PA Consulting Group, Inc. (ahora Tetra Tech ES, Inc.) para la Corporación Financiera Internacional (IFC) por Alejandro Gutiérrez, bajo la supervisión de Ana Silvia Arrocha, directora general del Programa para el Desarrollo Bajo en Emisiones de México (MLED), patrocinado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo el contrato “AID-523-C-11-00001” implementado por Tetra Tech ES Inc.

Para mayor información, por favor contacte a: info@mledprogram.org

www.mledprogram.org

CONTENIDO

Resumen Ejecutivo	4
I. Introducción	7
II. Sistemas Solares de Calentamiento de Agua (CAS's): Oportunidades en los Sectores Industrial y Comercial	8
III. Proyectos de Cogeneración	10
IV. Eficiencia Energética	21
V. Proyectos Municipales	30
VI. Conclusiones	52

Resumen Ejecutivo

En la siguiente tabla se muestran de manera conjunta los resultados del análisis realizado al potencial de inversiones y financiamiento para proyectos de eficiencia energética y energías renovables en los nichos que se consideraron más adecuados de atender con una iniciativa de financiamiento comercial en su fase introductoria en materia de operaciones activas.

Estas cifras son derivadas de la información captada de fuentes como la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE); así como de diversas entrevistas celebradas con representantes de empresas fabricantes de equipos, distribuidores y firmas de ingeniería especializada.

Tabla RE-1

Mercado Meta/ Aplicación Tecnológica	Valor de las Inversiones US\$ MM	Valor de Necesidades de Financiamiento US\$ MM	Plazos de los Financiamientos
Sistemas Colectores para Calentamiento de Agua en Tortillerías (Prox. 10 años)	220	176	3-5 años
Proyectos de Cogeneración	4,950	3,465	5-10 años
Proyectos de Cogeneración Pequeña Escala (≤1 MW)	450	315	5-10 años
Eficiencia Energética Eléctrica en Mediana y Gran Industria	350	245	5-10 años
Alumbrado Público	6,300	4,410	7-12 años
Generación eléctrica a partir de obtención de Biogás en Rellenos Sanitarios	238	167	5-10 años
Eficiencia Energética en Sistemas de Distribución de Aguas Municipales	982	687	5-10 años
Cogeneración en Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales	300	210	3-5 años
Eficiencia Energética en el Sector Público Federal	3,000	2,100	5-10 años

TOTAL	16,790	11,775	No Aplica
--------------	---------------	---------------	------------------

Es evidente que este volumen de inversiones requeriría de un enorme esfuerzo tanto de las autoridades financieras del país, como de los intermediarios financieros bancarios y no bancarios existentes, para poder ser atendido de manera eficaz y eficiente, sin embargo ha sido durante los poco más de 20 de años de existencia las iniciativas formales para promover los PEE's y posteriormente los PER's en México, un problema endémico la falta de atención formal a estos nichos de negocio.

El perfil de los principales clientes potenciales de una iniciativa de financiamiento comercial en su etapa introductoria para operaciones de financiamiento de PEE's y PER's, podría ser:

- Pequeñas, Medianas y Grandes empresas con necesidades de energía eléctrica desde 500 kW hasta 10 MW, que cuenten con suministro de gas natural o puedan acceder a este servicio con relativa facilidad y/o cuenten con la posibilidad de obtener de sus procesos operativos alguna fuente de biogás o biomasa.
- Pequeñas, Medianas y Grandes empresas con necesidades de energía eléctrica desde 500 kW hasta 10 MW, que además de contar o poder acceder con relativa facilidad a un suministro de gas natural o alguna fuente de energía renovable, requieran además energía térmica en sus procesos, ya sea en la modalidad de vapor saturado, agua caliente o aire caliente.
- ESCo's, empresas fabricantes de equipos eficientes, firmas de ingeniería o de consultoría que requieran financiamiento para la realización de PEE's y/o PER's en la modalidad de contratación por desempeño.

Del potencial global mencionado anteriormente se estima que los nichos a atender son fundamentalmente: proyectos de cogeneración de entre 1 y 10 MW de capacidad de generación eléctrica, proyectos de cogeneración a pequeña escala, eficiencia energética en mediana y gran industria, alumbrado público, generación eléctrica a partir de obtención de biogás en rellenos sanitarios, eficiencia energética en sistemas de distribución de aguas municipales, cogeneración en sistemas de tratamiento de aguas residuales y proyectos en el sector público en el formato de contratación por desempeño o tipo ESCo.

Adicionalmente, podría considerarse con un adecuado desarrollo de red de servicio y seguimiento, un programa para atender el nicho de proyectos de CAS's para

tortillerías.

Con base en lo anterior **el potencial de mercado para SOFINER se estima en US\$ 11,775 millones.**

EL MERCADO DE PROYECTOS DE ENERGIA LIMPIA EN MEXICO DESDE UNA VISION DE BANCABILIDAD

I. Introducción

En este documento se presentan los resultados de la investigación realizada por PA Consulting Group (ahora Tetra Tech), por encomienda de la Corporación Financiera Internacional (IFC por sus siglas en inglés), para determinar el potencial del mercado mexicano de proyectos de eficiencia energética (PEE's) y de energías renovables (PER's) que estamos definiendo como nichos de oportunidad adecuados para el otorgamiento de financiamiento por parte de instituciones financieras mexicanas, concepto que conllevó la captación de información en distintos formatos y de diferentes fuentes, así como el correspondiente análisis e interpretación de la misma.

Asimismo, se contemplaron trabajos posteriores como el presentado en marzo del 2010 por parte de la CONUEE para la determinación del potencial de proyectos de cogeneración y el estudio de mercado del financiamiento de energías sostenibles en México patrocinado por la IFC y presentado en octubre del 2012.

El objetivo principal de estos trabajos fue proveer de estimados cuantitativos y cualitativos relativos a las inversiones potenciales en PEE's y PER's, así como establecer un marco de referencia respecto del perfil de los distintos agentes que participan en este mercado, buscando delimitar la correspondiente estimación de instrumentos de financiamiento que facilitarían la realización de los mismos.

Asimismo se debe mencionar que el estudio de PA Consulting fue realizado en concordancia con las condiciones vigentes en su momento en el mercado de PEE's/PER's en México (el documento base fue elaborado en el 2009), incluyendo aspectos legales, regulatorios, promocionales y mercadológicos, así como algunos otros elementos que podrían afectar la implantación de este tipo de objetivos de inversión.

Con base en este planteamiento, consideramos posible lograr las bases para el entendimiento de este mercado en nuestro país, particularmente en lo que a visión de inversionistas y entidades financiadoras se refiere, ya que en el desarrollo del mismo se presenta la priorización de nichos de mercado de especial interés que con la información captada y analizada, lo que permite definir los sectores de actividad propicios operaciones activas de instituciones de primer piso.

En las siguientes páginas presentamos los resultados de la estimación de potencial de inversiones y financiamiento de los nichos seleccionados.

II. Sistemas Solares de Calentamiento de Agua (CAS's): Oportunidades en los Sectores Industrial y Comercial

A pesar de los continuos esfuerzos para promover el calentamiento solar de agua residencial, creemos que el sector comercial tiene todavía mayores oportunidades de inversión. En este nicho los sistemas tienden a ser más grandes y las horas de operación son mayores, haciendo las inversiones más atractivas. La Tabla 1 compara los costos de los diferentes sistemas.

Tabla 1. Comparación de Costos en Aplicaciones Típicas de Sistemas Solares para el Calentamiento de Agua¹

Aplicación	Costo de Instalación (US\$/m ²)	Costo de Instalación (MN/m ²)	Periodo Simple de Recuperación de la Inversión (años)
Albercas	300	3,900	2
Casas	850	11,050	6
Procesos Industriales	500	6,500	4
Hoteles y Hospitales	450	5,850	3.5

¹ PA Consulting Group. Análisis de datos del Mercado. 2009.

Promedio	525	6,825	

La Tabla 2 presenta una proyección de las aplicaciones de CAS's a largo de los 10 años siguientes. Mientras que las aplicaciones residenciales de gran escala se espera que continúen, habrá oportunidades importantes en las aplicaciones industriales y comerciales energía solar.

Aquí el reto será la suma de los proyectos: a diferencia del sector residencial, no hay iniciativas en curso para la promoción generalizada de este tipo de instalaciones. Existe una meta del gobierno federal de 1,8 millones de m² de CAS's para 2012, sin embargo, no está aún definido si este objetivo se traducirá en la creación de incentivos o incluso en acciones de promoción de sistemas CAS.

La norma vigente para la Ciudad de México, hace obligatorio el uso de por lo menos un 30% de estos equipos en los grandes centros comerciales, lo que se traduce en unos 15 proyectos por año, con inversiones se encuentran en los US\$ 50-100,000.

Sin embargo, el rendimiento atractivo en estas instalaciones y la mejora continua en tecnología e instalaciones, obliga a nuevos análisis de posibles inversiones en este mercado de mayor monto.

Tabla 2. Proyección del Mercado de Sistemas Solares para Calentamiento de Agua

Application	Projected Solar Thermal Collector Area (m2)				Projected Costs (millions of US\$)			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
Swimming Pools	56,878	57,333	57,677	57,908	\$ 17.1	\$ 18.1	\$ 18.2	\$ 18.2
Homes	66,915	67,451	67,855	68,127	\$ 56.9	\$ 60.2	\$ 60.6	\$ 60.8
Industrial process	16,729	16,863	16,964	17,032	\$ 8.4	\$ 8.9	\$ 8.9	\$ 8.9
Hotels, hospitals	26,766	26,980	27,142	27,251	\$ 12.0	\$ 12.7	\$ 12.8	\$ 12.9
Annual Total	167,288	168,627	169,638	170,317	\$ 94.4	\$ 99.9	\$ 100.5	\$ 100.9
Cumulative Total	1,326,873	1,495,500	1,665,138	1,835,455				

Aplicaciones en Tortillerías

Una aplicación de los CAS's pueden darse en forma importante en el proceso de

elaboración de tortillas y miles de pequeñas tiendas existentes en la zona sur y sureste del país, donde las tortillas de maíz se preparan y se venden. El agua caliente de hasta 80 °C es necesaria en el proceso de elaboración del "nixtamal" -la preparación de la masa de la tortilla de maíz. Los calentadores de agua caliente a gas licuado de petróleo son a menudo ineficaces y mal mantenidos.

En este sentido y como parte de su programa de apoyo a las PyME's, la Secretaría de Economía ha diseñado una estrategia de promoción, capacitación y un programa de mejora de negocio para las tortillerías, trabajando con el FIDE para proporcionar mejoras en el consumo de electricidad y con NAFIN para ayudarles a financiar dichas medidas. La Secretaría de Economía el presupuesto cuenta con aproximadamente 24,000 pesos por tienda.

La adición de un CAS puede reducir significativamente el uso de gas LP en estas instalaciones, con un retorno simple de inversión estimado en 3-4 años. El costo de un CAS es de aproximadamente 7,000 dólares, cantidad que ciertamente no se encuentra en el rango de financiamiento disponibles a través del programa actual, fuera de esta opción crédito, posiblemente a través de financiamiento comercial, sería factible desarrollar un esquema de financiamiento a gran escala. Una vez que algunos ejemplos a nivel piloto en estas instalaciones se hayan realizado correctamente, estimamos que las necesidades de inversión serían las siguientes:

- 63,000 molinos de nixtamal en México
- 50% tiene buenas condiciones para CAS's
- US\$ 7.000 por instalación

El potencial de la inversión total es de 31,500 x US\$ 7,000 = US\$ 220.5 millones

III. Proyectos de Cogeneración

III.1 Situación Actual

México tiene un potencial importante en proyectos de cogeneración, es decir, en la realización de proyectos en los que el uso de combustible más eficiente a la vez generan energía térmica y eléctrica. Además, este potencial es muy rentable, con un costo normalizado de la electricidad significativamente menor que la generación actual ofrece –con cierto de tipo de combustibles. Sin embargo, México ha sido lento en aprovechar este potencial, en gran parte debido a las barreras reglamentarias existentes en el mercado mexicano, entre las cuales destacan : la imposibilidad de vender los excedentes de energía a la CFE a precios razonables, y la falta de procedimientos de contratación de stock para estas ventas.

La Tabla 3 presenta la situación de la cogeneración en México hasta el ejercicio 2007. De los más de 2,800 MW de capacidad autorizada, casi 2,700 MW están actualmente instalados y en funcionamiento. La Figura 1 muestra que no ha habido casi ninguna inversión en cogeneración en los últimos 5 años, mientras que la autogeneración ha mantenido un crecimiento constante. Claramente, la autogeneración es significativamente más popular (probablemente impulsado por los altos aranceles para la electricidad en período punta o porque muchos proyectos de cogeneración por facilidad de trámite tan sólo se manejan ante la CRE como proyectos de autoabastecimiento) a pesar de la mayor eficiencia de los proyectos de cogeneración.

Parte de la explicación es que la auto-generación se había basado principalmente en el uso de motores diesel para autoabastecimiento en periodo punta, mientras que los sistemas de cogeneración requieren estudios cuidadosos de ingeniería para asegurar el equilibrio de cargas y dependen en muchos casos de la posibilidad de vender el exceso de energía a la red de CFE, como se mencionó anteriormente.

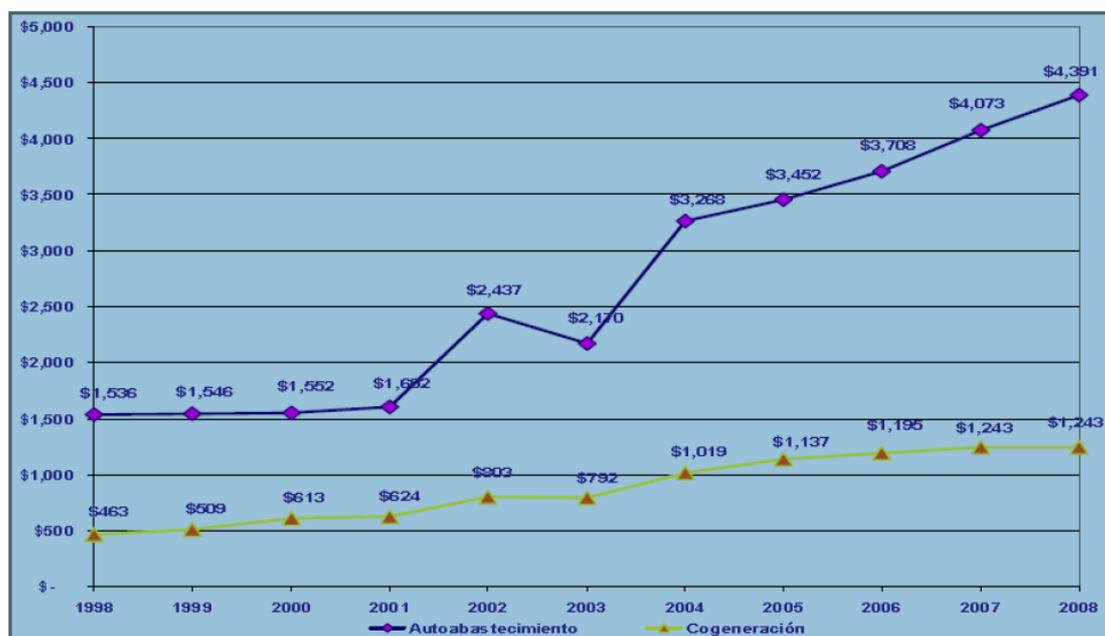
Tabla 3. Situación de la Industria de Cogeneración en México (2007)²

CRE Permit Authorizations through 2007				
	Number of Permits	Authorized Capacity, MW	Authorized Generation, GWh	Investment, US\$ millions
Industry	36	1,142	7,933	849
Pemex	18	1,579	7,857	1,129
Other	3	124	920	70
Total	57	2,845	16,710	2,048
Actual Operating Data				
		Operating Capacity, MW	Actual Generation, GWh	
2005		1,511	7,253	
2006		1,563	7,812	
2007		2,677	11,466	

² Fuente: Prospectiva SENER 2008-2017

Figura 1. Evolución de Inversiones en Autoabastecimiento y Cogeneración

(US\$ millones)³



III.2 Potencial de Proyectos de Cogeneración

La CONUEE publicó en marzo de 2010 su documento de estimaciones de potencial de cogeneración en México. Estas estimaciones se basan en la consideración de las plantas industriales más grandes existentes en el país, es decir, contempla tan sólo las industrias con una demanda de potencia superior a 1,000 kilovatios, con procesos que tienen un factor de planta de no menos del 50%, una eficiencia de la cogeneración superior al 65%, y disponibilidad de gas natural. Esto dio lugar a que CONUEE se centrará en los subsectores industriales que figuran en la Tabla 4.

La Tabla 4 muestra que entre los subsectores de la gran industria, hay 232 empresas candidatas a la cogeneración, con un consumo total de energía eléctrica estimada de 8,433 GWh al año, además de 188 empresas en la industria alimentaria con un consumo de energía eléctrica anual de 3,267 GWh . Este total representa

³ Fuente: Estimaciones de CONUEE basadas en información de la CRE para la "Prospectiva del Sector Eléctrico, 2007 -2016

casi un tercio del consumo anual asignado a la gran industria.

Las cifras de la Tabla 4 indican que el mayor potencial está en las industrias química, textil y del papel con 25,65%, 12,28% y 11,56% del consumo, respectivamente; mismas que en conjunto abarcan más de 150 de los cerca de 420 industrias privadas incorporadas en el presente análisis.

Tabla 4. Subsectores Industriales Candidatos para Cogeneración en México⁴

GRAN INDUSTRIA	Consumo kWh/año	%	Número de Empresas
Automotriz	1,131,268,388	9.67	14
Cartón y papel	886,037,402	7.57	32
Celulosa y papel	1,352,445,517	11.56	12
Farmacéutica	251,140,251	2.15	17
Fibras sintéticas	231,096,873	1.97	5
Llanteras	144,153,498	1.23	5
Químicas y otras	3,001,375,076	25.65	79
Textil	1,436,406,003	12.28	68
Subtotal	8,433,923,008	72.08	232

ALIMENTICIO	Consumo kWh/año	%	Número de Empresas
Aceite comestible	225,818,218	1.93	9
Bebidas y refrescos	750,387,669	6.41	44
Botanas y dulces	170,399,402	1.46	10
Cereales	73,138,734	0.63	4
Cerveza y malta	220,168,607	1.88	9
Conservas y jugos	198,014,988	1.69	14
Destilería	17,813,823	0.15	2
Lácteos	485,487,966	4.15	24
Otros alimentos	959,484,001	8.20	58
Panificación	166,866,733	1.43	14
Subtotal	3,267,580,141	27.92	188

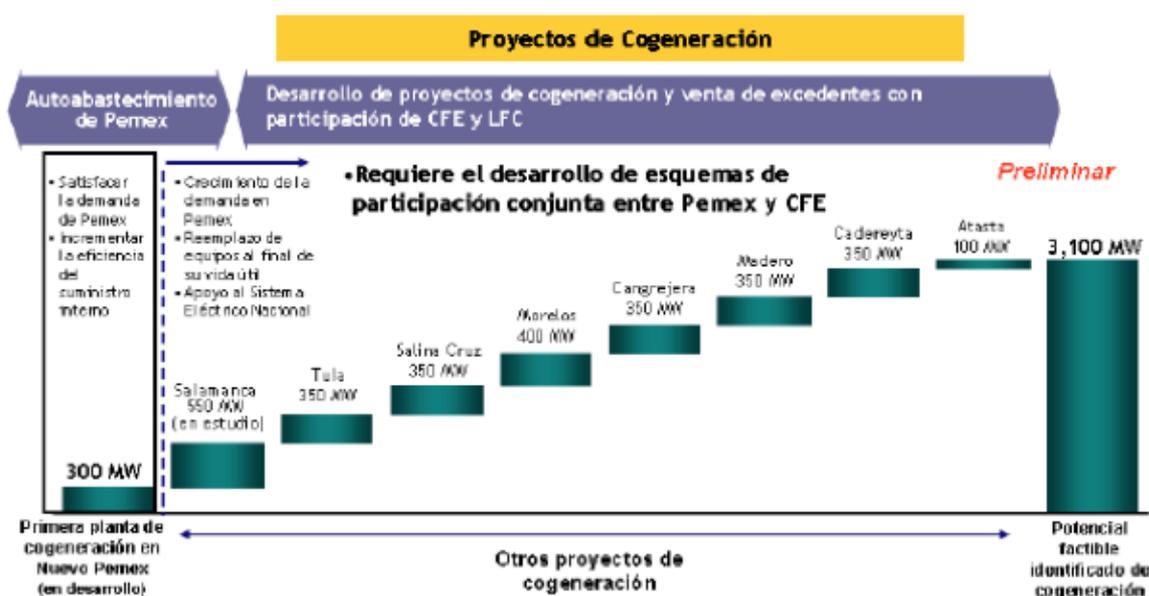
Total	11,701,503,149	100.00	420
--------------	-----------------------	---------------	------------

⁴ CONUEE. Situación Actual de la Cogeneración en México, Seminario sobre Eficiencia Energética, Energías Renovables y MDL. 18 de noviembre, 2009.

El sector del azúcar también tiene un gran potencial de cogeneración, con la participación reducción sustancial en el consumo de combustible utilizando la totalidad de sus bagazo como este insumo. Un beneficio clave aquí sería la existencia del alto nivel de eficiencia que en estas instalaciones puede alcanzarse cogenerando con tecnologías de proceso moderno. El potencial máximo de la industria azucarera en México es del orden de los 979 MW de capacidad instalada, considerando un total de 57 fábricas de azúcar.

Por otro lado, el más importante potencial de cogeneración se encuentra concentrado en PEMEX y se estima actualmente en 3.100 MW. En la figura 2 observamos que el primer proyecto de 300 MW (complejo Nuevo Pemex para procesamiento de gas) proporcionará el autoabastecimiento a las instalaciones de PEMEX, mientras que los proyectos adicionales venderán el exceso de electricidad a CFE⁵. Esto requiere que Pemex y CFE colaboren en la ejecución, además de que también se requiere una importante inversión que ninguna de las dos entidades que actualmente puede cubrir con recursos propios.

Figura 2. Cartera de PEMEX de Proyectos de Cogeneración



⁵ Petróleos Mexicanos. Informe de Labores 2008.

Como parte de su análisis del potencial de cogeneración, CONUEE contempló varios escenarios con las industrias de candidatas, resultados que se resumen en la Tabla 5. En la primera de las columnas, la tabla proporciona el potencial teórico, el potencial técnico y el potencial económico, todo ello sin venta de energía excedente a la red. La última columna representa el máximo potencial, la opción más económica, la que permite una mayor y más eficiente relación beneficio-costos para el dimensionamiento del sistema de cogeneración, pero se basándose en la venta de los excedentes de generación a la red. Esta es la capacidad de mayor interés.

Basados en este esfuerzo CONUEE, contamos con una definición del potencial de cogeneración, y a partir de ésta podemos hacer una estimación inicial de las inversiones necesarias para la aplicación de este potencial, como se muestra en la Tabla 5.

Con base en el potencial de las ventas de energía excedente a la red, que incluye un factor de aplicación para instalaciones industriales de 2/3 definido a partir de una combinación de proyectos que ya han sucedido y representan varios cientos de MW instalados en los últimos 5 años, los proyectos que pueden suceder en una escala menor y no llegar a su plena potencia, y proyectos que nunca podrían realizarse (debido a su tamaño, el poco atractivo financiero, el nivel de interés en la empresa, o por otras razones).

El cálculo en la Tabla 5 representa una primera estimación del tamaño del mercado para inversión. El tamaño promedio de los proyectos para la industria es de aproximadamente US\$ 20,7 millones, mientras que los proyectos de PEMEX promedio de 350 MW, se estima que costarán aproximadamente US\$ 250 millones.

Tabla 5. Resumen del Potencial de Cogeneración⁶

	Without Excess Power			With Excess Power Sales to Grid
	Theoretical Potential	Technical Potential	Economic Potential (1)	Maximum Feasible Potential (2)
	(MW)			(MW)
Industrial	2,630	2,286	1,989	6,085
Sugar Industry	979	979	979	979
PEMEX (3)	3,100	3,100	3,100	3,100
Total	6,709	6,365	6,068	10,164

Notas:

- 1) No considera excedentes de potencia
- 2) Potencia Máxima con excedentes de energía para el Sistema Eléctrico Nacional (SEN)
- 3) Fuente: Petróleos Mexicanos

Tabla 6. Estimación de Inversiones Requeridas en Proyectos de Cogeneración⁷

	Maximum Feasible Potential	Applicability Factor	With Excess Power Sales to Grid
	(MW)		(US\$ millions)
Industrial	6,085	0.5	\$ 2,191
Sugar Industry	979	0.75	\$ 529
PEMEX	3,100	1.0	\$ 2,232
Total	10,164		\$4,951

⁶ Fuente: estimaciones de CONUEE basadas en información de la CRE para la "Prospectiva del Sector Eléctrico, 2007 -2016."

⁷ Fuente: PA Consulting; costo promedio de instalación de US\$ 720/kW, basado en datos autorizados de la CRE presentados en "Prospectiva del Sector Eléctrico, 2008 -2017."

III.3 Ventajas de los Proyectos de Cogeneración

Los proyectos de cogeneración se encuentran entre las más atractivas inversiones totales en el sector de generación de energía. La Tabla 7 presenta la relación beneficio-costo para aplicaciones de cogeneración en industrias específicas.

Si consideramos las dos principales tecnologías utilizadas en la cogeneración son considerados (turbinas de gas y motores de combustión), su aplicación en las industrias del petróleo, los alimentos, el papel y subsectores de productos químicos, estas resultan por mucho las de mayor atractivo. El rendimiento financiero específico dependerá de las particularidades de cada proyecto.

La tabla 8 resume los diferentes costos normalizados para la generación de electricidad o de tecnologías de cogeneración, destacando una vez más el desempeño de los proyectos de cogeneración. A pesar de lo anterior, todavía hay una serie de importantes barreras que impiden el desarrollo de intensivo de los proyectos de cogeneración.

Tabla 7. Índice de Costo-Beneficio para Factibilidad Económica de Proyectos de Cogeneración⁸

Total de empresas por sector	Subsector industrial	Relación beneficio costo por tecnología	
		TG pc	MOTOR pc
9	Aceites comestibles	3.05	1.23
12	Celulosa y papel	3.02	1.35
79	Química	2.79	1.3
24	Lácteos	2.76	1.42
14	Conservas y jugos	2.54	1.35
32	Cartón y papel	2.36	1.67
58	Alimentos varios	2.26	1.39
5	Fibras sintéticas	2.16	1.94
68	Textil	1.85	1.41
9	Cerveza y malta	NA	1.35
5	Hule (llantas)	NA	1.48
4	Cereales ¹	NA	NA

1: En este sector se utiliza como tecnología turbina de vapor y el beneficio costo es de 2.44

⁸ Fuente: CONUEE. Situación Actual de la Cogeneración en México, Seminario sobre Eficiencia Energética, Energías Renovables y MDL. 18 de noviembre, 2009

Tabla 8. Costos Nivelados de Tecnologías de Cogeneración⁹

Currently Used Technology	Levelized Cost, US\$/MWh
Gas turbine	160.62
Large hydropower	88.55
Combined cycle	78.98
Supercritical coal base plant	55.79
Renewable/Efficient Technology	
Small hydropower	88.92
Bagasse cogeneration	76.85
Windpower	69.24
Cogeneration in industry	69.17
Biogas	62.88
PEMEX cogeneration projects	-103.16

Nota: Los costos incluyen inversión inicial, Operación & Mantenimiento y consumo de combustibles.

III.4 Barreras y Limitaciones

A pesar de las claras ventajas de los costos de la cogeneración, hay barreras importantes para el desarrollo del potencial descrito aquí. Estos pueden ser clasificados como los obstáculos reglamentarios, los riesgos relacionados con el suministro de combustible y otros impedimentos relacionados.

A nivel del marco regulador tenemos:

- i. Hay un límite máximo de 20 MW que los desarrolladores/co-generadores pueden entregar al sistema eléctrico nacional, incluida la capacidad y la energía.
- ii. Las condiciones sobre los contratos de interconexión son las mismas independientemente si el productor es un gran generador privado de energía o un cogenerador de pequeña escala.
- iii. El potencial de cogeneración industrial se basa en la venta de energía excedente a la red, sin embargo, esta energía se paga al menor costo

⁹ Fuente: Low Carbon Development for Mexico, World Bank, 2009

marginal de corto plazo en un determinado punto de interconexión.
Desde el punto de vista del suministro de combustible y la perspectiva de precios:

- i. No existe seguridad de suministro a largo plazo de combustible.
- ii. No hay certeza de los costos de combustible a futuro, buscar tecnologías bio-fuel o adquirir futuros, incrementa sustancialmente los niveles de inversión.
- iii. No existe una correlación suficiente entre los costos de las tarifas de energía y los precios del combustible, por lo tanto es difícil hacer proyecciones confiables.
- iv. Hay una burocracia importante para conseguir que los proyectos sean aprobados: permisos y licencias son requeridos en tres niveles de gobierno: federal, estatal y municipal.
- v. Las normas ambientales y sus requerimientos incrementan los tiempos y costos de los proyectos.
- vi. El difícil acceso al financiamiento y los altos costos inherentes son a menudo citados como problemas.
- vii. Existe una buena cuota de complejidad en la ingeniería de proyectos, y además cada proyecto es diferente.
- viii. Falta de mano de obra calificada (con educación de nivel superior, de consultoría y empresas de ingeniería, O & M), y aún existe poca experiencia en estos proyectos.
- ix. Existe aún un escaso conocimiento de la industria sobre los beneficios de la cogeneración.

III.5 Aplicaciones de Cogeneración a Pequeña Escala

Como resultado de muchas de estas barreras, un mercado más pequeño para aplicaciones de cogeneración se está desarrollando en México, con las siguientes características:

- Sistemas basados en motores diesel o gas o turbinas de gas, en módulos de alrededor de 1 MW o menores.
- Sistemas modulares, con diseños estandarizados en lugar de específicos del sitio, optimizando el diseño para maximizar el uso de energía térmica y vender los excedentes a la red, y así reducir significativamente los costos de ingeniería y

diseño.

- Sistemas más pequeños con menores costos de inversión, en un rango de 1-10 millones de euros, haciendo que los sistemas sean más fáciles de vender a los clientes.
- Generación de electricidad por debajo de la demanda eléctrica del sitio, para evitar excedentes que tengan que venderse a la red, evitando así permisos y los requerimientos de instalaciones costosas al interconectarse.
- Basándonos en la experiencia de proveedores de turbinas y motores, así como en los contactos desarrollados con empresas usuarias durante los últimos 3-5 años, sabemos que existen grandes cantidades de moto-generadores en instalaciones para la reducción de la potencia en horario punta (véase el crecimiento del autoabastecimiento en la Figura 9-2).

Con este tipo de instalaciones sólo se podría alcanzar el 50% o incluso menos, del potencial de cogeneración en cualquier rama industrial, según lo estimado por CONUEE en la tabla 9-6 presentada arriba, sin embargo, estos proyectos tienen muchas más probabilidades de llegar a la etapa de implementación en el corto plazo.

En base a los contactos iniciales con los desarrolladores y proveedores en este sector, se estima que el potencial de mercado es del orden de los EE.UU. \$ 100-150 millones por año durante los próximos 2-3 años.

III.6 Aliados Estratégicos Potenciales

Los aliados estratégicos naturales para el desarrollo de iniciativas de financiamiento están representados fundamentalmente por tres tipos de actores de mercado:

- a. Fabricantes de equipo;
- b. Distribuidores; y
- c. Firmas de consultoría e ingeniería.

IV. Eficiencia Energética

IV.1 Perspectiva de la información tarifaria a nivel nacional

Uno de los más importantes nichos del mercado potencial de inversiones en proyectos de EE/ER es el correspondiente a aplicaciones en las industrias y comercios del país. Sin embargo, en este campo existe muy poca información disponible en la cual establecer sólidos supuestos y estrategias. Los diagnósticos energéticos, los programas del FIDE y las experiencias internacionales pueden ser combinadas para obtener alguna idea de esta actividad como resultado de la falta de datos respecto del consumo de energía en este nicho de actividad empresarial en México.

En los siguientes párrafos se presentan algunos estimados indicativos que permitieron sentar una consideración objetiva de las oportunidades de inversión en los nichos antes mencionados.

Las bases de este análisis son los datos disponibles del consumo anual de energía eléctrica publicados por la CFE. Estos datos están organizados por tipo de tarifa y no hacen distinción alguna a usos sectoriales o subsectoriales. Debido a que las tarifas se diseñan por nivel de tensión (voltaje) y nivel máximo de demanda, un hotel o un hospital pueden estar en la misma tarifa, así como un centro comercial o una instalación fabril. En consecuencia, esta información solamente puede proporcionar tendencias. Aún así, los resultados resultan útiles para considerar una expectativa de potencial de inversiones.

Desde el punto de vista de la energía eléctrica, se desarrolló un modelo simple para analizar los ahorros potenciales a partir de procesos de operación de motores, bombas, compresores, sistemas de aire acondicionado y refrigeración, así como de equipos de iluminación. Los ahorros estimados están basados en el conocimiento del equipo de consultores de PA Consulting respecto de las medidas de eficiencia energética, tipos de tecnologías eficientes y sus correspondientes inversiones. El resultado de dicho análisis se presenta en la tabla 9, la cual totaliza las oportunidades de eficiencia energética por tipo de tarifa.

Tabla 9. Potencial promedio de Eficiencia Energética por tipo de tarifa¹⁰

Tarifa	No. de Usuarios	Consumo Promedio Anual (kWh)	Costo Promedio Anual (MMUS\$)	Ahorros Estimados (%)	Inversión Promedio Estimada (MMUS\$)	Payback Promedio (años)
OM	161,748	70,452	0.010	17.00	3,800	2.3
HM	46,698	954,828	0.110	14.0	34,750	2.4
HMC	122	754,536	0.080	14.0	26,400	2.4
HS	342	19,895,388	2.08	6.0	333,700	2.5
HSL	288	46,849,116	4.374	6.0	702,000	2.4
HT	43	83,986,524	7.217	6.0	1'187,900	2.4
HTL	25	446,715,264	36.01	6.0	5'455,300	2.5

Los datos de la Tabla 9 nos llevan a una serie de observaciones que pueden contribuir a una mejor comprensión del mercado potencial de este rubro, mismas que a continuación comentamos:

- a. La eficiencia energética sigue siendo una propuesta atractiva, ya que observamos periodos simples de recuperación menores a 3 años. Este comportamiento en términos de financiamiento –dependiendo del costo de capital aplicable y tomando como base la relación tarifas eléctricas/inversiones del 2008- pueden representar operaciones de préstamo de entre 4 y 6 años de plazo;
- b. El ahorro como porcentaje del consumo es mayor en la parte inferior de las tarifas de consumo como resultado de una serie de razones (mayor consumo de la iluminación, menos capacidad para aplicar los programas de EE);
- c. Las tarifas más bajas (OM, HM, HMC) a pesar de una mayor proporción de los ahorros en relación con el consumo, manifiestan bajos niveles de inversión promedio, lo cual resulta en cierta forma desalentador para el desarrollo de programas de eficiencia energética a gran escala entre las empresas incluidas en estas categorías tarifarias. Para estas empresas, un enfoque basado en tecnología puede ser más atractivo; y

¹⁰ Estimaciones promociones propias con datos de la CFE en 2008.

- d. Hay tal vez alrededor de 1000-1200 empresas con niveles significativos de ahorros por eficiencia y potencial de inversiones (grandes usuarios), lo cual es un número relativamente pequeño, situación que puede servir como base para plantear un programa de diagnósticos energéticos dirigidos y su correspondiente enfoque de aplicación.

Los diagnósticos energéticos específicos y el enfoque de aplicación se ven reforzados por las directrices de regulación que ya se exigen a las empresas privadas por encima de un umbral de consumo para informar del mismo, así como de los planes de ejecución específicos de acciones de eficiencia energética, y los resultados estimados en términos de ahorro que deberán ser presentados ante la CONUEE.

Este análisis preliminar indica que alrededor de 350-400 empresas participarán en la presentación de informes a CONUEE, ofreciendo una ventana de oportunidades posibles para promover la colaboración en las inversiones para la implantación de proyectos de eficiencia energética.

También sabemos que el FIDE ha mantenido una orientación hacia el mismo universo de empresas clasificadas como grandes consumidoras de energía eléctrica y es probable que tenga acceso a información más detallada sobre sus hábitos de consumo y el ahorro potencial, con lo cual se configura claramente la importancia de buscar una posible alianza con este organismo.

Por último, un enfoque basado en la oferta de tecnologías eficientes puede ser más adecuado y eficaz para los pequeños usuarios, ya que en este caso se trataría de ofrecer tecnologías tales como: productos de nueva iluminación (T-5, LED's), motores de alta eficiencia, sistemas de aire acondicionado de alta eficiencia, etc.; acompañando a fabricantes y distribuidores con esquemas de financiamiento tipo Vendor.

IV.2 Diagnósticos Energéticos Dirigidos y Programa de Implantación de Proyectos de Eficiencia Energética

El esfuerzo que la CONUEE ha emprendido hacia la creación de los compromisos necesarios y la aplicación adecuada de las medidas de eficiencia energética identificadas, apoyado por el nuevo marco jurídico y normativo aplicable, ofrece una oportunidad para el financiamiento comercial dispuesto a apoyar a las grandes empresas privadas en el análisis y la aplicación de programas importantes de eficiencia energética.

Como se describió anteriormente, basado en umbrales de tamaño establecido actualmente, se estima que hasta 400 empresas podrían participar formalmente en el desarrollo y aplicación de programas de eficiencia energética, bajo la guía y reglamentación de la CONUEE. La publicidad y la información técnica de apoyo en torno a este programa y sus resultados probablemente será una oportunidad adicional para inducir a las empresas a participar en el mismo, a pesar del hecho de que no puede ser obligatorio para ellos –aunque si con sanciones económicas.

Este programas requiere que cada empresa provea a la CONUEE con información sobre sus niveles de consumo de energía, programas de eficiencia energética que ya hayan realizado y los resultados obtenidos hasta la fecha, así como las nuevas medidas propuestas. CONUEE fijará unos objetivos anuales sobre la base de esta información y la empresa tendrá que demostrar los ahorros obtenidos para cumplir con los objetivos previamente establecidos. Si bien es cierto que los objetivos planteados no se espera que sean ambiciosos, especialmente en el primer o segundo año del programa, será responsabilidad de la empresa desarrollar un programa de eficiencia energética coherente, basado en un adecuado diagnóstico energético y que de prioridad a las medidas con mejores relaciones beneficio-costos.

En la Tabla 10 se resumen las características de lo que la CFE llama "La Gran Industria", que es básicamente la combinación de niveles de tarifas HS, HSL, HT, HTL (todas éstas en alta tensión). En el presente documento se consideró este grupo como la población objetivo de la iniciativa de diagnósticos energéticos dirigidos y el programa de implantación de proyectos de eficiencia energética que la CONUEE tuvo contemplado.

Tabla 10. Expectativa de Diagnósticos Energéticos en la Industria e Implementación

de un Programa de Eficiencia Energética¹¹

Parameter	Value
Number of industries (users)	698
Total electricity consumption	35.326 million MWh
Average per user electricity consumption	50,611 MWh
Average electricity price	1.178 pesos/kWh
Average per user electricity cost	59,628,000 pesos/yr
Average per user electricity cost (at 13 pesos/US\$)	4,587,000 US\$/y
Average per user savings, at 6%	275,209 US\$/y
Average per user investment, at 2.5 yr payback	688,000 US\$
Initial energy audit cost	25,000 US\$
Average per user investment, including audit	713,000 US\$/y
Overall simple payback, including audit	2.6 y
Estimated number of potential clients (50% of users)	349
Total potential investment flow	248.8 million US\$

Las auditorías energéticas realizadas en cada empresa proporcionaría datos para satisfacer las necesidades CONUEE, así como un plan de aplicación para que cada una de estas mejore sus indicadores de eficiencia energética y reducir así, su factura de energía. Además de lo anterior, sería posible identificar las mejoras de eficiencia energética en los equipos auxiliares (iluminación, aire acondicionado, refrigeración, compresores de aire, etc.), ya que el diagnóstico energético también evalúa los usos finales de energía y procesos para la adecuada administración de éstas, con aplicaciones tales mejores sistemas de control, variadores de velocidad, sistemas de calentamiento y secado, la pérdida de calor en la reducción de las extrusoras y otras medidas particulares para el proceso industrial que se esté evaluando. Los datos de la Tabla 10 son para el consumo de electricidad solamente, de hecho, si un diagnóstico energético total se realizara, este deberá incluir los potenciales de ahorro adicional derivados de la energía térmica.

El grupo de “elite” de las empresas en esta categoría se reparten entre todos los subsectores industriales, pero están especialmente bien representadas en los subsectores de productos químicos y alimentos.

¹¹ Estimaciones promociones propias con datos de la CFE en 2008.

Se calcula que el 6% de ahorro que aparece en las tablas 9-9 y 9-10 se construyen a partir de los ahorros potenciales en diferentes tecnologías, basadas en la experiencia de la eficiencia energética en los últimos años en México. Teniendo en cuenta que las grandes empresas tienen buenos equipos de ingeniería “en casa”, es decir, entre su propio personal; su potencial de ahorro tiende a ser menor en términos porcentuales, pero siguen siendo aún bastante significativos en términos absolutos para justificar la inversión en diagnósticos energéticos.

Muchos de los grandes “consumidores objetivo” de este programa son empresas de gran éxito que fácilmente podrían calificar para obtener créditos comerciales adicionales para cubrir las necesidades de inversión para los diagnósticos energéticos y la respectiva ejecución de medidas; y aunque muchos de ellos podrían tratar de contactar al FIDE, lo más probable –debido al tamaño de los financiamientos necesarios- es que tendrán que hacer esto a través de su entidad bancaria habitual, en vez de buscar un banco especializado en proyectos de eficiencia energética y energías renovables: la calidad de dichos financiamientos en muchos casos puede distar de ser la adecuada para la implantación de estos proyectos.

IV.3 Pequeñas y medianas empresas industriales y medianas empresas comerciales

A diferencia del segmento de la gran industria, que muestra el consumo medio alto, el sector de las PyME’s en México representa el consumo relativamente bajo. Este sector, referido a las categorías de tarifas OM, HM y HMC, a lo que la CFE llama “mediana industria”, a pesar del hecho de que incluye un número de establecimientos comerciales importantes- consta de más de 200,000 empresas, si bien con un consumo de energía promedio de tan sólo alrededor de 276.000 kWh/año y un costo de poco más de US\$ 30,000 por usuario anualmente. Si tomamos únicamente los usuarios de tarifas HM, el panorama es algo mejor, lo que resulta en un promedio de 46.000 usuarios y cerca de US\$ 105,000 dólares por año de facturación eléctrica.

Incluso para los usuarios únicamente de tarifa HM, la promoción del enfoque de diagnósticos energéticos es una tarea difícil y no representa un nicho de mercado fuerte. Los costos de la energía simplemente no justifican el gasto de un análisis en profundidad, a pesar de que el potencial de eficiencia energética en estas empresas tiende a ser mayor, sin embargo, la complejidad del diseño de un multifacético programa de ahorro dentro de un presupuesto proporcional a su gasto relativamente bajo en el rubro de energía hace que la opción de los diagnósticos energéticos sea complicada de implantar.

Como resultado, se requiere de un modelo diferente para aprovechar el potencial de eficiencia energética en las medianas empresas, el cual presenta sin lugar a dudas un atractivo volumen. Este modelo puede incluso extenderse de forma más general a las empresas más pequeñas, donde la iluminación, aire acondicionado y motores son los principales usos finales consumidores de energía eléctrica. De esta misma manera se puede llegar a las grandes empresas, así, tanto los usuarios que participan en las auditorías energéticas, como los que no, pueden ser candidatos para realizar inversiones en eficiencia energética.

Este modelo se basa en la aplicación de tecnologías o medidas de eficiencia energética: en lugar de un análisis integral de auditoría energética de una empresa, seguido por el desarrollo de un programa integrado de implantación. Este modelo de tecnología de eficiencia energética se centra directamente en la identificación y sustitución de equipos o tecnologías que son conocidos por ser ineficientes y/o soluciones de mejor tecnología disponible, los cuales serían acompañados de paquetes de financiamiento tipo Vendor¹². Algunos ejemplos son los siguientes:

- a. Bombas: Las bombas son tradicionalmente de gran tamaño y terminan perdiendo importantes cantidades de energía, sobre todo en condiciones de operación menores a su plena carga. Su sustitución por nuevas bombas o simplemente, el “afeitado” de la turbina o impulsor, o también la incorporación de variadores de velocidad, a menudo resulta en un ahorro de hasta un 10% de consumo de energía. El Payback promedio de esta medida fluctúa entre 2-2.5 años.
- b. Acondicionadores de aire de alta eficiencia o sistemas de refrigeración: el desarrollo de significativamente más eficientes sistemas de aire acondicionado o bombas de calor se encuentra en una gran variedad de aplicaciones, y un sistema de control basado en un termostato mejorado puede proporcionar un ahorro adicional para estas aplicaciones. El ahorro típico puede llegar hasta un 25%, con un periodo simple de recuperación de 4 años.
- c. Compresores de aire de alta eficiencia: sustitución por sistemas de tornillo o centrífugos, el equilibrio correcto y en cooperación con otras máquinas, y el establecimiento de las presiones de aire correctamente. Ahorro en el orden del 10% con un 2-año de recuperación.

¹² Mecanismos de financiamiento pre-empaquetados desde el punto de venta del equipo, para los cuales el acreditado es calificado mediante un procedimiento de tipo paramétrico.

- d. Sustitución por motores de alta eficiencia: la sustitución de los motores en funcionamiento por motores de alta eficiencia en las áreas donde las horas de operación son suficientemente altas (4000 h / año). El número medio de motores es de 40-50 para las medianas de la industria, si bien puede llegar a más de 1000 unidades para las grandes industrias. Ahorro del 5%, con recuperación de alrededor de 4 años, dependiendo de las horas anuales de funcionamiento y valor residual de los automóviles antiguos.
- e. Mejora de la iluminación: sustitución de fijación existentes con lámparas de alta eficiencia y balastos electrónicos. Ahorro de hasta un 30%, con amortización de dos años.
- f. Banco de almacenamiento de hielo: almacenamiento de frío para aprovechar las bajas tarifas de electricidad fuera de horario punta (preferentemente en horario base), la creación de hielo cuando las tarifas son más bajas y con el frío almacenado sin consumo de energía, entregar el aire frío cuando sea necesario. La expectativa de ahorro es de entre el 5-10%, dependiendo del valor de la tarifa en horario punta. Payback de entre 4-5 años.
- g. Control de la demanda: Reducción de los cargos por demanda como consecuencia del manejo de las cargas en los horarios distintos de punta. Ahorro del 5%, con amortización de 3 años.
- h. Medidas adicionales que pueden ser específicas para el tipo de la industria y la forma en que se opera (por ejemplo, calentamiento por inducción, calefacción extrusora, etc.).

El análisis de estas medidas y su proyección sobre el consumo de energía eléctrica en México por clase de tarifa dio lugar a la Tabla 10 presentada anteriormente.

La ventaja de estas medidas mencionadas es que son similares, o esencialmente las mismas, en casi todas las empresas y en casi todas las aplicaciones. Como resultado, el riesgo técnico se puede mitigar.

La evaluación de la medida y el cálculo de ahorro también son los mismos en la aplicación después de la implantación, lo cual brinda experiencia y la construcción de la seguridad de los ahorros. En algunos casos, esta capacidad de ser replicables más amplia y en un mayor número de instalaciones, puede compensar el relativamente pequeño costo por unidad de inversión (por ejemplo, un pequeño motor de alta eficiencia puede costar mucho menos que US\$ 1,000).

Para estimar el potencial de ahorro y la inversión correspondiente es necesario utilizar el mismo método que se utilizó para generar la tabla 10, el cual se ha adaptado para analizar las medidas clave. En la Tabla 11 se muestran las estimaciones para este tipo de medidas de eficiencia energética o tecnologías con el fin de estimar el potencial de inversión requerido.

Tabla 11. Potencial de Inversiones en Eficiencia Energética basado en Aplicaciones Tecnológicas

Technology	Energy Savings, MWh/y	Cost Savings, US\$ millions/y	Investment Required, US\$ millions
Pumps, pumping system upgrades	10,803	11.8	18.6
High-efficiency air compressors	3,376	3.7	14.8
High-efficiency air conditioning	8,102	8.9	17.8
High-efficiency motors	6,752	7.4	29.6
High-efficiency lighting	9,073	10.0	19.9
Totals	38,107	41.8	100.7

La Tabla 11 tan sólo se refiere a la gran industria y las categorías mediana industria, sin embargo, este es el grueso de la oportunidad de aplicación, ya que estas dos categorías representan más del 58% del consumo de electricidad. El sector residencial, que en su mayor parte no utiliza estas tecnologías, representa casi el 27% del consumo de electricidad.

Por último, otra ventaja de este enfoque es que los préstamos pueden ser a los vendedores y distribuidores, en lugar de a los usuarios finales, lo que simplifica el enfoque, evitando la necesidad de análisis de crédito de las empresas usuarias. Los proveedores como sponsors deben ser significativamente más aceptables para las instituciones financieras como sujetos de apoyo.

IV.4 Aliados Estratégicos Potenciales

Los aliados estratégicos naturales para la posible instrumentación de iniciativas de financiamiento están representados fundamentalmente por tres tipos de actores de mercado:

- a. Fabricantes de equipo;
- b. Distribuidores; y
- c. Firmas de consultoría e ingeniería.

V, Proyectos Municipales

Los más de 2,400 gobiernos municipales en México mantienen un significativo control de la energía utilizada en infraestructura y se encuentran entre los usuarios que pagan los más altos precios de la electricidad. La electricidad se utiliza principalmente en alumbrado público, bombeo, tratamiento de aguas residuales y edificios públicos.

Fuera del sector del transporte, hay poca energía térmica utilizada en aplicaciones municipales, de modo que el enfoque de esta sección está en el ahorro de electricidad y/o la generación de la misma, ambas opciones que ofrecen interesantes oportunidades de inversión. En las siguientes secciones se estima potencial de ahorro y de inversión para proyectos clave o tecnologías que representan un desembolso significativo de recurso en inversiones atractivas, las cuales dan lugar a proyectos que pueden ser replicables a través de un amplio espectro de municipios en aplicaciones tecnológicas tales como: alumbrado público, señales de tráfico, bombeo de agua, rellenos sanitarios de recuperación de gas y generación eléctrica, tratamiento de aguas residuales y recuperación de biogás, así como la generación de electricidad para autoabastecimiento y cogeneración.

V.1 Alumbrado Público

La gran mayoría de los municipios mexicanos tienen como una de sus prioridades de inversión la modernización de sus actuales sistemas de alumbrado público, con miras a buscar una serie de beneficios tales como:



- 1 Reducir su consumo de energía eléctrica.
- 2 Mejorar la calidad de la iluminación en sus avenidas y calles.
- 3 Reducir el cargo por facturación de CFE.
- 4 Apoyar al mejoramiento del medio ambiente.

En este sentido, el primer reto al que éstos se enfrentan consiste en realizar un análisis detallado de las distintas alternativas tecnológicas existentes en el mercado que pudieran entregar la mejor relación beneficio-costos para los requerimientos de cada municipio.

Este análisis definitivamente no es sencillo en virtud de la necesidad de considerar un número importante de indicadores tecnológicos, a la vez de contemplar en forma simultánea otro tipo de factores tales como la normatividad aplicable en nuestro país y las condiciones de inversión inicial, garantías reales ofrecidas, costos de mantenimiento y reposición; así como capacidad de respuesta del proveedor para efectos de servicio post-venta.

Adicional a los elementos anteriormente descritos, se vislumbra que debido a lo reducido del presupuesto disponible, resultaría condición indispensable la negociación de financiamientos que permitieran a los municipios emprender este esfuerzo, buscando además alcanzar otra serie de ventajas tales como que dicho financiamiento sea contratado por un valor del 100% del monto total de la inversión y en condiciones de disponibilidad y plazo que permitan que el mismo sea pagado al 100% a partir de los ahorros económicos esperados.

Las Tecnologías de Alumbrado Público

En la actualidad se tiene una estimación de que en la República Mexicana existen alrededor de 9 a 10 millones de equipos de alumbrado público ¹³ con potencia de 100 Watts a 150 Watts, de los cuales tres son las principales tecnologías utilizadas:

- a. Vapor de Mercurio
- b. Vapor de Sodio
- c. Halogenuros o aditivos Metálicos

Por otro lado, a partir de información captada de forma directa por empresas que actualmente se están abocando a la promoción de proyectos de modernización de sistemas de alumbrado público, particularmente impulsando tecnologías como aditivos metálicos, inducción magnética y diodos emisores de luz (LED's), tenemos conocimiento del volumen estimado de equipos de alumbrado público con potencial para ser sustituidos (principalmente vapor de sodio de alta presión-VSAP), por tecnologías eficientes.

¹³ Datos proporcionados por fabricantes de equipos y componentes de alumbrado público, entre ellos Industrias Sola Basic, quien detenta más del 80% de este mercado en México.

Tabla 12

MUNICIPIO	CANTIDAD DE EQUIPOS¹⁴	INVERSION ESTIMADA¹⁵ -MMUS\$-
San Luis Potosí	30,000	13.5
Tlalnepantla	40,000	18.0
Naucalpan	35,000	15.8
Aguas Calientes	25,000	11.2
Guanajuato	18,000	14.4
Ciudad Victoria	20,000	16.0
Ensenada	16,000	7.2
Uruapan	17,000	7.7
Tlaquepaque	22,000	9.9
TOTAL	223,000	113.7

A partir de los datos anteriores y considerando un precio promedio de US\$ 700.00 por equipo eficiente con una potencia tal que sustituya los equipos de VSAP de 150 Watts nominales, podemos estimar un potencial de inversiones del orden de los US\$ 6,300 millones a nivel nacional.

V.2 Proyectos de Generación a partir de Obtención de Biogás en Rellenos Sanitarios

Los rellenos sanitarios son en la actualidad la forma más utilizada para disponer la basura en nuestro país. Cuando esto no se hace, la basura termina tirada en las calles, los bosques, o a la orilla de las carreteras, con los consecuentes impactos ambientales. Actualmente existen millones de toneladas de basura confinadas bajo

¹⁴ Se cuantificó a partir de entrevistas con promotores de proyectos y representantes de los municipios.

¹⁵ Cifra que se fundamenta en el precio promedio de venta del producto de cada una de las empresas promotoras de los proyectos.

el subsuelo nacional que, en menor o mayor grado, están emitiendo gases a la atmósfera y líquidos al subsuelo, y en algunos casos representan un riesgo potencial de incendio o explosión.

La posibilidad técnica de convertir estos gases (conocidos genéricamente como biogás) en electricidad está plenamente probada; la tecnología para ello existe comercialmente, pero la práctica de aplicarla en un determinado entorno socio-político-económico, no está difundida en nuestro país.

La producción diaria nacional de basura en el año 2005 se estimó en 84,200 toneladas, de las cuales, sólo el 53% (44,600 toneladas) se depositaron en 51 rellenos sanitarios ubicados en ciudades medias, zonas metropolitanas y muy poco en localidades pequeñas. Esto representa un confinamiento anual en rellenos sanitarios de 16'279,000 toneladas.

Con el biogás que ya produce la basura confinada en los últimos cinco años, sería posible soportar una capacidad de generación eléctrica cercana a los 80 MW¹⁶, e incorporar 16 MW adicionales con la nueva basura que, año con año, se estará acumulando en los rellenos existentes.

De esta forma, a lo largo de diez años la capacidad total de generación eléctrica podría ascender a 240 MW. En el caso de que toda la basura actualmente producida fuera confinada en rellenos sanitarios, la capacidad de generación eléctrica por medio del biogás resultante podría llegar a los 400 MW para todo el país. Conforme la población y la economía del país vayan creciendo, esta capacidad podrá también ir en aumento. Lamentablemente, excepto por un proyecto reciente de 8 MW en la ciudad de Monterrey, el biogás producido en el país no se aprovecha, por lo que más de 40 millones de toneladas equivalentes de CO₂ terminan incorporándose anualmente a la atmósfera con las implicaciones ambientales que conllevan: el metano tiene un impacto equivalente a 21 veces el efecto invernadero producido por el bióxido de carbono.

Por otro lado, el metano es uno de los constituyentes principales al inventario mundial de gases con efecto invernadero (GEI) a los cuales se atribuye en gran medida el cambio de clima observado en nuestro planeta. En México, la aportación de este gas al inventario nacional de emisiones es la segunda en importancia con un 23%¹⁷; detrás del bióxido de carbono que proviene, principalmente, de la quema de combustibles fósiles y que contribuye con el 75%. Las principales fuentes de

¹⁶ Arvizu Fernández, José Luis. "Energía a partir de la basura" en: *Boletín IIE*, Vol. 21, Núm. 6, 1997, p. 273-280.

¹⁷ Segovia García, Carlos G. "Proyecto GEF-Banco Mundial en Monterrey" en: *Memorias Primer Coloquio Internacional sobre la conversión a electricidad del gas producido en rellenos sanitarios en México*, ITESM, Aguascalientes, octubre 2002.

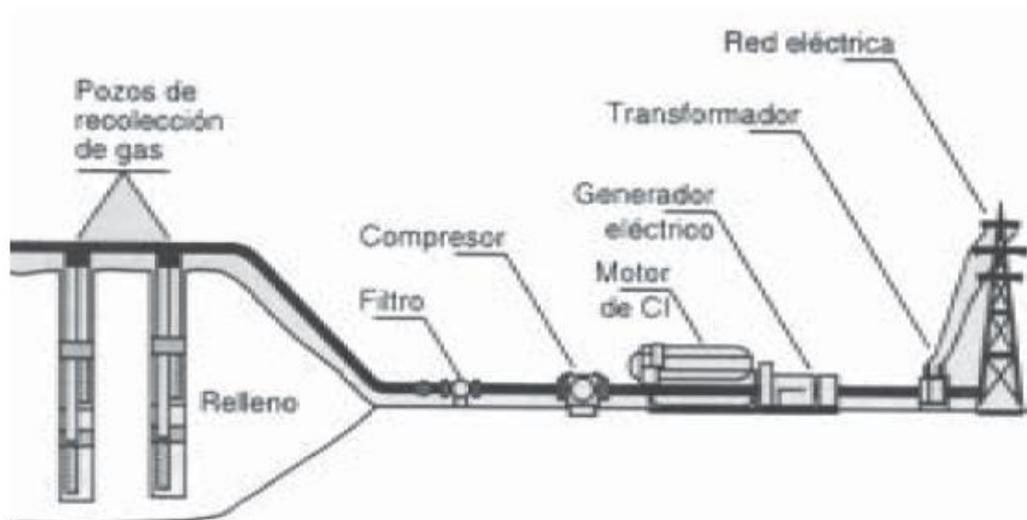
metano a nivel mundial son: la ganadería, el cultivo del arroz, las minas de carbón, los rellenos sanitarios, la quema de biomasa, las fuentes de suministro de combustibles fósiles y el venteo en las plantas procesadoras de hidrocarburos.

El proceso de generación

El metano representa un poco más del 50% de los gases que constituyen el biogás, lo que hace a éste un combustible con buenas características para ser usado en turbinas o máquinas de combustión interna que accionen generadores eléctricos.

El proceso de generación comienza con la extracción del biogás a través de pozos verticales perforados en toda la profundidad del relleno sanitario

Mediante una red superficial de tuberías, el biogás es conducido hasta una estación en donde se le quita la humedad y otras substancias indeseables, a fin de tener una combustión limpia y eficiente. Este proceso se muestra esquemáticamente en la siguiente figura.



La economía de generación con el biogás de rellenos sanitarios depende fuertemente de las inversiones que para ello deban hacerse. Si el relleno ya existe, las inversiones consideran la perforación de los pozos de extracción, la construcción de la red de recolección, de la planta de tratamiento del gas y del bloque de potencia. En tales casos, los costos de generación se estiman entre tres y seis centavos de dólar por kWh.

Si el relleno no existe, la economía del proyecto debe analizarse tanto desde el punto de vista eléctrico, como desde el punto de vista ambiental de negocio bajo los cuales es posible realizar estos proyectos, respectivamente. existen ya normas en materia de construcción y ubicación de rellenos sanitarios, pero ninguna establece la obligación de evitar las emisiones a la atmósfera.

De acuerdo con este marco normativo, los gobiernos municipales son la autoridad responsable de la gestión de la basura, pero esta autoridad, por lo general, se encuentra lejos del negocio eléctrico y enfrenta un conjunto de problemas muy distintos. Sin embargo, la autogeneración eléctrica municipal se presenta como una alternativa interesante para que los municipios resuelvan varios de estos problemas con un solo movimiento.

Potencial de Inversiones

La Tabla 13 siguiente muestra los datos de proyectos potenciales en distintos rellenos sanitarios del país, los cuales fueron proporcionados por las empresas que se encuentran promoviendo la realización de proyectos de generación en sitio con esta tecnología.

Tabla 13

LISTA DE RELLENOS SANITARIOS			
MUNICIPIO	GENERACIÓN DIARIA DE BASURA (kg)	GENERACIÓN ANUAL DE BASURA (PROMEDIO) ton/año	INVERSION ESTIMADA US\$
Saltillo	549,144	210,986,790	18,103,485
Nogales	151,798	58,322,255	5,004,276
Cuautla	145,663	55,965,085	4,802,021
Tonalá	320,292	123,059,385	10,558,973
Merida	669,802	257,345,075	22,081,206
Tijuana	1,150,279	441,949,300	37,920,964
Chihuahua	638,201	245,203,350	21,039,399
Monclova	184,057	70,716,560	6,067,755
Piedras Negras	121,724	46,767,450	4,012,829
Torreon	503,036	193,271,880	16,583,477
Colima	123,460	47,434,670	4,070,079
Durango	466,864	179,374,140	15,390,997
Celaya	363,810	139,779,670	11,993,638
Tultitlan	410,534	157,731,465	13,533,972
Tehuacan	214,945	82,584,170	7,086,042
San Luis Potosi	637,005	244,744,180	21,000,000
Hermosillo	579,338	222,587,585	19,098,878
TOTAL	7,229,950	2,777,823,010	238,347,989

A partir de la información mostrada en la tabla anterior con respecto a la cifra mostrada al inicio de 44,600 toneladas diarias que se depositan en rellenos sanitarios de ciudades medianas o grandes (53% del total nacional), se puede considerar que los datos mostrados en el cuadro -que representan un 16% del volumen de basura diaria antes mencionado- nos plantean un potencial de inversiones del orden de los US\$ 1,489 millones de dólares.

V.3 Proyectos de Eficiencia Energética en Sistemas de Distribución de Aguas Municipales

El sistema de distribución de agua en México abarca más del 90% de la población para el suministro de agua potable y aproximadamente se cuenta con la mitad de capacidad para el tratamiento de esta agua. Incluso el agua no tratada a veces debe ser bombeada y requiere energía. En la Tabla 31 se presenta la distribución del uso de las aguas nacionales por sector. La mayoría del agua se utiliza en la agricultura, con la distribución para uso municipal en un lejano segundo lugar.

Tabla 14. Listado de Ejemplos de Rellenos Sanitarios en México¹⁸

State	Municipality	Population	Solid Waste Disposal (tonne/day)	Solid Waste Disposal (tonne/y)	Methane Generation Potential (tCH ₄ /y)	Potential Electricity Generation (MW)	System Cost: Biogas Capture, Treatment, Elec. Gen, US\$
Aguascalientes	Aguascalientes	643,419	548.84	200,325	2,320	0.82	\$ 902,000
Baja California	Tijuana	1,210,820	1,032.83	376,983	1,890	1.55	\$ 3,100,000
	Mexicali	754,502	652.21	238,056	2,231	0.98	\$ 1,960,000
Baja California Sur	Los Cabos	105,459	89.97	32,837	308	0.13	\$ 260,000
Campeche	Cd. Del Carmen	750,000	639.75	233,509	3,017	0.96	\$ 1,920,000
Chihuahua	Chihuahua	671,790	1,069.00	390,185	3,657	1.50	\$ 3,000,000
Coahuila	Acuña	110,487	94.25	34,400	322	0.14	\$ 280,000
	Torreón	529,512	451.67	164,861	1,545	0.58	\$ 1,160,000
	Saltillo	578,046	493.07	179,972	1,687	0.74	\$ 1,480,000
	Piedras Negras	128,130	109.29	39,893	462	0.16	\$ 320,000
Colima	Colima	129,958	110.85	40,452	523	0.17	\$ 340,000
Distrito Federal	Nezahualcoyotl/Texcoco (Bordo Poniente)	8,605,239	9,000.00	3,285,000	38,045	13.50	\$ 27,000,000
	Chalco (Santa Catarina)	22,930,832	2,500.00	912,500	10,558	3.75	\$ 7,500,000
Durango	Durango	491	419.19	153,006	1,434	0.63	\$ 1,260,000
	Gómez Palacio	273,315	233.14	85,095	798	0.35	\$ 700,000
Guerrero	Acapulco	856,975	731.00	266,815	3,448	1.10	\$ 2,200,000
Guanajuato	Celaya	382,958	60.00	21,900	254	0.09	\$ 180,000
	Guanajuato	141,195	120.44	43,961	509	0.18	\$ 360,000
	Allende	134,880	115.05	41,994	486	0.17	\$ 340,000
	Irapuato	640,134	375.43	137,034	1,587	0.56	\$ 1,120,000
	León	1,134,842	968.02	353,327	4,092	1.45	\$ 2,900,000
	Apaseo El Grande	900,000	767.70	280,211	3,245	1.15	\$ 2,300,000
	Silao	134,337	514.59	41,825	484	0.17	\$ 340,000
Jalisco	Puerto Vallarta	184,728	157.57	57,514	666	0.24	\$ 480,000
	ZM Guadalajara	3,677,531	3,136.93	1,144,981	13,261	4.71	\$ 9,420,000
	Mazamita	17,585	15.00	5,475	63	0.02	\$ 40,000
México	Atizapán de Zaragoza	468,586	650.00	237,250	2,748	0.96	\$ 1,920,000
	Tlanepantla de Baz	721,415	800.00	292,000	3,382	1.20	\$ 2,400,000
Michoacán	Lazaro Cárdenas	171,100	145.95	53,271	617	0.22	\$ 440,000
	Pátzcuaro	500,000	426.50	155,573	2,012	0.64	\$ 1,280,000

¹⁸ Estimación propia basada en información de la SEDESOL, el INEGI y la SEMARNAT.

State	Municipality	Population	Solid Waste Disposal (tonne/day)	Solid Waste Disposal (tonne/y)	Methane Generation Potential (tCH4/y)	Potential Electricity Generation (MW)	System Cost: Biogas Capture, Treatment, Elec. Gen, US\$
Morelos	Cuautla	153,329	130.79	47,738	563	0.20	\$ 400,000
Nuevo León	ZM Monterrey	3,243,466	2,768.68	1,009,837	11,695	4.15	\$ 8,300,000
Puebla	Puebla	1,345,915	1,148.92	419,356	4,857	1.72	\$ 3,440,000
	Tehuacán	226,258	193.00	70,444	910	0.29	\$ 580,000
Querétaro	Querétaro I	641,386	822.00	300,030	3,475	1.23	\$ 2,460,000
	Querétaro II	840,000	716.00	261,340	3,027	1.07	\$ 2,140,000
	Amealco	23,447	20.00	7,300	85	0.03	\$ 60,000
	San Juan del Río	270,000	230.00	83,950	972	0.35	\$ 700,000
San Luis Potosí	Soledad de Graciano Sánchez	180,296	153.79	56,134	526	0.23	\$ 460,000
	San Luis Potosí	670,532	571.96	208,766	1,957	0.86	\$ 1,720,000
Sinaloa	Guasave	277,402	236.62	85,368	810	0.35	\$ 700,000
	Mazatlán	380,509	324.57	118,460	1,372	0.49	\$ 980,000
Sonora	Nogales	159,787	138.30	49,748,388	766	0.20	\$ 400,000
	Hermosillo	609,829	520.18	189,867	1,780	0.78	\$ 1,560,000
Tamaulipas	Nuevo Laredo	310,915	165.21	96,802	1,121	1.50	\$ 3,000,000
	Matamoros	703,400	600.00	219,000	2,830	0.90	\$ 1,800,000
	Victoria	283,083	224.39	81,903	949	0.34	\$ 680,000
Tlaxcala	Tlaxcala	73,230	62.47	22,800	264	0.09	\$ 180,000
Veracruz	Boca del Río	135,804	115.84	42,282	546	0.17	\$ 340,000
	Orizaba	118,593	101.16	36,923	477	0.15	\$ 300,000
	Poza Rica de Hidalgo	152,838	130.37	47,585	515	0.20	\$ 400,000
	Tuxpan	126,616	108.00	39,421	509	0.16	\$ 320,000
	Veracruz	457,377	390.14	142,402	1,840	0.59	\$ 1,180,000
Yucatán	Merida	705,055	601.41	219,515	2,836	0.90	\$ 1,800,000
Zacatecas	Fresnillo	183,238	156.30	57,050	561	0.23	\$ 460,000
Total		42,456,074	20,635.87	57,119,394	81,481	32.19	\$ 63,642,000

Tabla 15. Uso del Agua en México (km³/año)

Sector	Surface Water	Ground Water	Total (km ³)	Distribution %
Agriculture	38.7	18.7	57.4	76
Public supply (municipal networks, including connected industries)	3.9	6.8	10.7	14
Industrial self-supply, including power plants	5.6	1.7	7.3	10
National Total	48.2	27.2	75.4	100

Sin embargo, la energía consumida en la extensa red de distribución, el envejecimiento de la misma y las pérdidas importantes de agua debido a fugas en el sistema de distribución, hacen que el sector de la distribución municipal sea una zona de gran interés desde una perspectiva de mejora de la eficiencia energética. Es importante destacar que muchos de los operadores de abastecimiento de agua son empresas descentralizadas a nivel estatal o incluso privadas, no obstante se han incluido todos estos sistemas en este capítulo para facilitar su tratamiento.

El consumo de energía del sector proviene principalmente de la agricultura, particularmente de la operación de sistemas de bombeo de agua subterránea con una pequeña capacidad de distribución. Aunque los programas de eficiencia energética se han promovido en este sector durante varios años (por parte del FIDE, por ejemplo), las tarifas de electricidad subsidiadas actualmente no hacen de este un nicho muy atractivo para la inversión. Del mismo modo, los grandes usuarios industriales no tienen extensas redes de distribución ya que utilizan en gran medida aguas superficiales. Puede haber buenas oportunidades para el ahorro aquí (como la optimización del caudal de agua, limpieza de intercambiadores de calor de superficie, y otros), pero su análisis requiere datos específicos del sitio, por lo que se hace necesario manejar estos proyectos mediante diagnósticos energéticos específicos.

Los sistemas municipales de bombeo, sin embargo, ofrecen un importante potencial, tanto para la optimización de sus niveles de eficiencia energética y la reducción de fugas que se puede estimar a través de todas las empresas de agua. Los esfuerzos para aprovechar ese potencial que se han mantenido durante más de 15 años, se dio en gran medida por los fondos de donantes como *Alliance to Save Energy* (ONG norteamericana) y más recientemente por su filial en México, la AC Watery. El acceso al financiamiento ha limitado las inversiones en esta área, dejando la mayor parte de este potencial aún sin explotar. La Tabla 32 presenta un desarrollo lógico de las posibilidades de ahorro y la inversión para mejorar la eficiencia energética en este sector.

Watery ha sido pionero en el concepto de combinar las sinergias entre el ahorro de energía y el ahorro de agua. La primera parte del cuadro se presentan los ahorros potenciales de energía en los sistemas de agua, centrada en medidas tales como las mejoras de las bombas, las corrientes de velocidad variable, ajustes de válvulas y controles automatizados, que se combinan para proporcionar una reducción del 20% promedio en el consumo de energía. La segunda parte del cuadro se refiere a la reducción de las pérdidas de agua en los sistemas de distribución. Los altos precios de la energía y los cada vez más impactantes costos del agua, se combinan para hacer de la reducción de fugas de agua una propuesta atractiva, incluso cuando se hacen necesarias inversiones en

infraestructura.

Cuando un programa de ahorro de energía se combina con un programa de ahorro de agua, pueden resultar inversiones atractivas, como se observa en la parte inferior de la Tabla 16. Estas inversiones son aún más rentables cuando se logra en adición la reducción de costos de mantenimiento, ahorro en costos de infraestructura y se pueden obtener de bonos de carbono. Estas partidas son muy específicos para cada sistema, por lo que su impacto en las inversiones no se considera en este documento.

El total del potencial de inversión estimado en US\$ 1 mil millones se configuró considerando todos los sistemas de agua en México. Casi todos los 2,445 municipios de México manejan la distribución de agua de alguna manera, pero muchos son muy pequeños. Se estima que alrededor de 800 sistemas han formalizado sus operaciones como entidades descentralizadas, las cuales pueden operar como empresas independientes o como centros de costo, aunque tan sólo unos 360 están registrados en la lista de CONAGUA. En cualquier caso, la media de inversión es probablemente desde uno hasta varios millones de dólares de inversión, con muchos de los sistemas más grandes en las decenas de millones de dólares.

A pesar de los atractivos rendimientos de estos proyectos y el significativo impacto de los mismos combinados con programas de ahorro de energía, ha habido poca aplicación hasta este momento.

De igual forma, no obstante la oferta de co-financiamiento que ofrece la CONAGUA sobre una base 1:1, la complejidad de la tramitación y –sobre todo- la incapacidad de las entidades municipales o estatales de agua para obtener la contrapartida de financiamiento, ha obstaculizado la ejecución de los proyectos. Una vez más, la inversión privada podría ser un vehículo adecuado para el desarrollo de esta componente del mercado de eficiencia energética.

Tabla 16. Ahorro de Energía e Inversiones Potenciales en Bombeo Municipal¹⁹

Parameter	Value	Units
Current average energy intensity index for water in Mexico*	1	kWh/m ³
Groundwater volume extracted and distributed, including municipal and industrial	10,700,000,000	m ³ /y
Total energy consumption in municipal water systems	10,700,000,000	kWh/y
Average electricity cost for municipalities in Mexico	0.09	US\$/kWh
Energy cost in Mexican municipal water systems	\$ 938,307,692	US\$/y
Average investment cost based on experience to date	0.084	US\$/kWh/y saved
Energy Savings Potential with Conventional EE (pumping, controls, distribution circuits)		
Average energy savings potential in water distribution and treatment systems**	20	%
Total water distribution and treatment system energy savings potential**	2,140,000,000	kWh/y
Potential cost savings**	\$ 187,661,538	US\$/y
Potential investment required**	\$ 179,760,000	US\$
Average simple payback period**	0.96	years
Projected average simple payback across all municipal pumping applications	1.50	years
Energy Savings from Reduction of Water Losses		
Average percent water volume lost in distribution network (including residential conn.)	35	%
Total annual water volume lost in distribution network	3,745,000,000	m ³ /year
Total annual energy loss corresponding to water leakage	3,745,000,000	kWh/year
Minimum loss threshold for water utilities, based on cost-effective operation	20	%
Water savings (leak reduction) potential based on cost-effective operation (15%)	1,605,000,000	m ³ /year
Energy savings corresponding to water leak reduction	1,605,000,000	kWh/year
Economic value of energy savings	\$ 140,746,154	US\$/year
Total investment*** for improved hydraulic operation and reduced water losses**	\$ 0.35	US\$/m ³ /y saved
Total investment*** for improved hydraulic operation and reduced water losses, projected	\$ 0.50	US\$/m ³ /y saved
Total potential investment for energy savings from water leak reductions	\$ 802,500,000	US\$
Summary Energy Savings and Investment Potential for Watery (Integral Water and Energy Projects)		
Potential energy savings from integral water and energy projects	3,745,000,000	kWh/year
Total potential cost savings from integral water and energy projects	328,407,692	US\$/year
Total investment potential for integral water and energy projects	982,260,000	US\$
Simple payback****	2.99	years
Efficient Scenario based on Achieving Full Potential		
Total water distribution volume in municipal water systems	9,095,000,000	m ³ /año
Total energy consumption in municipal water systems	6,955,000,000	kWh /año
Energy efficiency index	0.765	kWh/m ³
Greenhouse gas emissions savings estimate	2,500,000.00	tCO ₂ e/year
*including pumping and treatment of both potable water and wastewater		
** based on ASE Watery projects, 1993 to date		
*** including investment in infrastructure		
**** energy savings benefits only; other benefits, such as reduced investment in new infrastructure, environmental costs, carbon credits, increased collections resulting from improved service, etc.		

¹⁹ Fuente: Alliance to Save Energy (ASE) y Watery A.C.

V.4 Cogeneración en Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

En el año 2007 las 1,710 plantas en operación en el país trataron 79.3 m³/s, es decir el 38.3% de los 207 m³/s, recolectados en los sistemas de alcantarillado.

T4.17 Descargas de aguas residuales municipales y no municipales, 2007			
Centros urbanos (descargas municipales)			
Aguas residuales	7.66	km ³ /año (243 m ³ /s)	
Se colectan en alcantarillado	6.53	km ³ /año (207 m ³ /s)	
Se tratan	2.50	km ³ /año (79.3 m ³ /s)	
Se generan	2.07	millones de toneladas de DBO ₅ al año	
Se recolectan en alcantarillado	1.76	millones de toneladas de DBO ₅ al año	
Se remueven en los sistemas de tratamiento	0.53	millones de toneladas de DBO ₅ al año	
Usos industriales (no municipales)			
Aguas residuales	5.98	km ³ /año (188.7 m ³ /s)	
Se tratan	0.94	km ³ /año (29.9 m ³ /s)	
Se generan	6.95	millones de toneladas de DBO ₅ al año	
Se remueven en los sistemas de tratamiento	1.10	millones de toneladas de DBO ₅ al año	

NOTA: DBO₅ Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días.
 1 km³ = 1 000 hm³ = mil millones de m³.
 FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable y Drenaje y Saneamiento, y Subdirección General Técnica.



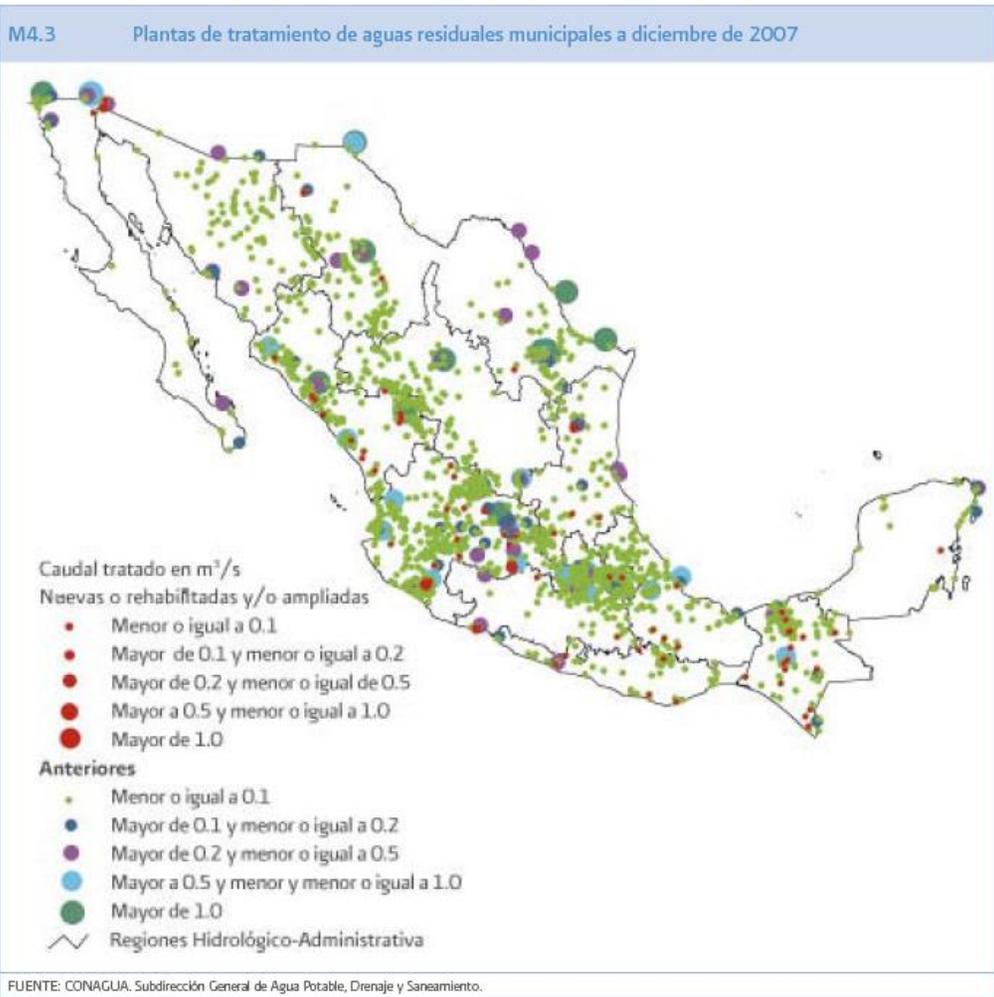
A continuación se indican las plantas de tratamiento de aguas residuales en operación por Región Hidrológico-Administrativa.



T4.18 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, por Región Hidrológico-Administrativa, 2007

Región Hidrológico-Administrativa	Número de plantas en operación	Capacidad instalada (m ³ /s)	Caudal tratado (m ³ /s)
I Península de Baja California	41	7.71	5.77
II Noroeste	80	4.28	3.09
III Pacífico Norte	229	8.08	6.16
IV Balsas	138	7.24	5.13
V Pacífico Sur	78	2.55	1.58
VI Río Bravo	181	25.53	21.78
VII Cuencas Centrales del Norte	106	5.15	4.01
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	421	22.55	17.27
IX Golfo Norte	84	2.26	1.96
X Golfo Centro	122	4.67	2.64
XI Frontera Sur	95	3.33	2.50
XII Península de Yucatán	52	2.24	1.72
XIII Aguas del Valle de México	83	10.70	5.70
Total	1 710	106.27	79.29

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.





T4.19 Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, por entidad federativa, 2007

Entidad federativa	Número de plantas en operación	Capacidad instalada (m ³ /s)	Caudal tratado (m ³ /s)
1 Aguascalientes	108	3.91	3.03
2 Baja California	25	6.52	4.93
3 Baja California Sur	16	1.20	0.84
4 Campeche	10	0.08	0.05
5 Coahuila de Zaragoza	20	3.77	2.97
6 Colima	50	1.44	0.95
7 Chiapas	24	1.51	1.18
8 Chihuahua	119	8.72	6.31
9 Distrito Federal	27	6.48	2.81
10 Durango	165	3.53	2.58
11 Guanajuato	36	5.74	4.26
12 Guerrero	35	1.94	1.07
13 Hidalgo	12	0.22	0.21
14 Jalisco	96	3.77	3.39
15 México	75	7.22	4.90
16 Michoacán de Ocampo	25	3.52	2.47
17 Morelos	27	1.33	1.06
18 Nayarit	60	1.96	1.20
19 Nuevo León	61	13.09	11.87
20 Oaxaca	65	0.91	0.69
21 Puebla	67	3.02	2.42
22 Querétaro Arteaga	63	1.11	0.71
23 Quintana Roo	29	2.08	1.60
24 San Luis Potosí	19	2.10	1.73
25 Sinaloa	120	5.02	4.18
26 Sonora	66	4.19	3.00
27 Tabasco	70	1.81	1.32
28 Tamaulipas	33	3.63	3.57
29 Tlaxcala	52	1.23	0.87
30 Veracruz de Ignacio de la Llave	87	4.68	2.65
31 Yucatán	13	0.08	0.07
32 Zacatecas	35	0.48	0.42
Total	1 710	106.27	79.29

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

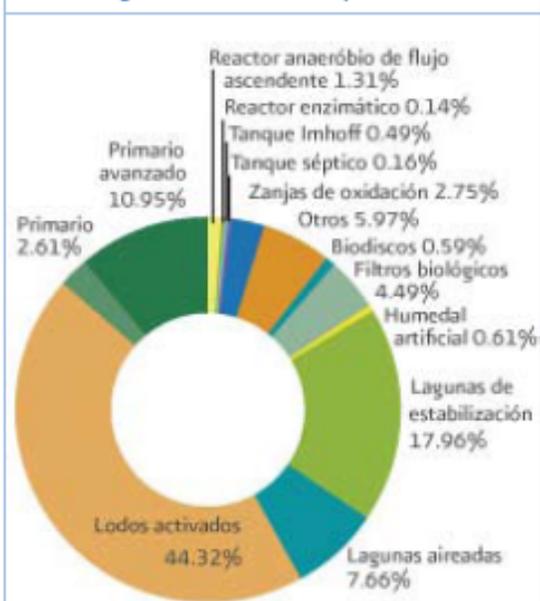
T4.20 Principales procesos de tratamiento de aguas residuales municipales, 2007

Proceso	Número	Caudal tratado (m ³ /s)	Porcentaje
Biodiscos	6	0.47	0.59%
Filtros biológicos	74	3.56	4.49%
Lagunas de estabilización	646	14.24	17.96%
Lagunas aireadas	26	6.08	7.66%
Lodos activados	417	35.14	44.32%
Primario	13	2.07	2.61%
Primario avanzado	14	8.68	10.95%
R.A.F.A.*	111	1.04	1.31%
Reactor enzimático	59	0.11	0.14%
Tanque Imhoff	59	0.39	0.49%
Tanque séptico	77	0.13	0.16%
Humedal artificial (Wetland)	130	0.48	0.61%
Zanjas de oxidación	20	2.18	2.75%
Otros	58	4.73	5.97%
Total	1 710	79.29	100.0%

Nota: *Reactor anaerobio de flujo ascendente.

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

G4.9 Principales procesos de tratamiento de aguas residuales municipales, 2007



FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

POTENCIAL DE INVERSIONES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

De la información presentada en los cuadros y gráficos anteriores, se desprende que tan sólo el 1.31% de las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes en México (111 plantas con capacidad de procesamiento de 1.04 m³/s), son las que cuentan con potencial para generar biogas a partir de su proceso de operación, que corresponden a las del tipo REACTOR ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA).

Por otro lado, a partir de datos proporcionados por Guascor de México, con base en los proyectos de cogeneración que están promoviendo actualmente, se tienen los siguientes datos estimados de inversión:

Tabla 17

Entidad	Inversión Estimada US\$
León, Gto.	1'800,000
Aguascalientes, Ags.	1'800,000
Guadalajara I, Jal.	4'800,000
Guadalajara II, Jal.	2'700,000
Celaya, Jal.	1'800,000
Cuernavaca, Mor.	1'800,000
San Luis Potosí, S.L.P.	1'800,000
Taboada, Jal.	2'700,000
Saltillo, Coah.	1'800,000
TOTAL	21'000,000

Las plantas mencionadas anteriormente cuentan en su conjunto con una capacidad de tratamiento de agua del orden de los 0.07 m³/s, por lo que tomando como referencia esta capacidad con respecto del total de capacidad nacional con tecnología RAFA, se tiene una cifra del 7%, misma que aplicada al volumen de inversión descrito en el cuadro anterior, nos arroja un potencial de inversiones total en proyectos de cogeneración de US\$ 300.0 millones.



Se debe destacar que actualmente ninguna planta de tratamiento de aguas residuales con tecnología RAFA en México cuenta con esta aplicación de cogeneración.

V.5 Proyectos en el Sector Público Federal

Introducción

El sector público mexicano (Administración Pública Federal, APF) está compuesta de alrededor de 225 instituciones estatales o paraestatales, con miles de instalaciones en todo el país, desde los ministerios federales, a los administradores de puertos y aeropuertos, estudios de televisión, los hospitales, los ferrocarriles, las instituciones educativas, etc. La energía, los mayores consumidores son PEMEX, CFE y el Ministerio de Defensa. La mayoría de las restantes instalaciones se pueden aproximar como edificios, aunque algunas instalaciones se destacan un mayor consumo, tales como hospitales, puertos, imprentas, etc.

Como parte de la reforma energética, CONUEE fue dado el poder de manera efectiva el mandato y guía de programas de EE en todos los organismos del sector público mexicano. A principios de 2009 CONUEE requiere que cada entidad que presente un informe sobre el consumo de energía, así como las actividades de los programas de EE y ya ejecutadas y proyectadas. Con esta información, y en base a su experiencia, CONUEE es el establecimiento de objetivos para el ahorro de energía o la mejora de la eficiencia en cada entidad para el año 2010.

Nuestro entendimiento es que estos objetivos al principio serán mínimos, y relativamente fáciles de lograr. Conforme las dependencias y organismos públicos vayan ganando experiencia y la CONUEE obtenga información más detallada, alcances más específicos y objetivos difíciles se espera que se establezcan, ya que la CONUEE tiene la autoridad de imponer sanciones a las entidades que no cumplan con estas normas. Los datos de las metas de eficiencia energética es todavía información en proceso de preparación y por lo tanto interna al gobierno federal y no se sabe si algunos de estos datos finalmente se harán público. Esta información indudablemente podría ser extremadamente útil para el desarrollo de los potenciales de eficiencia energética y para estimar las inversiones necesarias.

Esperamos que en su mayor parte, las inversiones iniciales serán en las operaciones y las categorías de mantenimiento, y éstas serán financiadas con cargo al presupuesto de operativo de las dependencias y organismos públicos, no obstante, los ordenamientos legales y presupuestales aplicables contemplan las

opciones de financiamiento directo y los esquemas ESCo. Por su parte, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público ha prometido partidas en el presupuesto para mejoras en eficiencia energética, pero seguramente estos recursos serán insuficientes para cubrir la totalidad de las necesidades de inversión, con lo cual se presenta una importante oportunidad para las inversiones privadas.

Las estimaciones de inversión en eficiencia energética se analizan en las secciones siguientes.

Edificios

Antes de la reforma energética de finales de 2008, la entonces denominada CONAE, (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), a través de su Coordinación de Energía Eléctrica desarrolló una base de datos de aproximadamente 1,600 edificios individuales que representan una fracción importante del consumo del sector, denominada Programa APF (Administración Pública Federal). Para cada uno de estos edificios, se elaboraron inventarios de equipos de iluminación bajo la dirección de la CONAE y el apoyo de las áreas de construcción y de mantenimiento de las distintas dependencias y organismos, con lo cual se definió una estimación de los ahorros potenciales. La experiencia obtenida en algunos edificios públicos como el caso de la CFE en la Ciudad de México y más de 50 edificios atendidos por el Gobierno de la Ciudad de México, se puede combinar con los datos generados por la antigua CONAE y utilizar esta información para, mediante una simple extrapolación, presentar los ahorros potenciales en este nicho.

La Tabla 18 presenta una estimación inicial sobre la base de los datos de la CONAE y los datos de los inmuebles del Gobierno de la Ciudad de México y la CFE. La experiencia del Programa APF, que generó una serie de diagnósticos energéticos detallados y los datos obtenidos de proyectos específicos en los ámbitos antes mencionados, muestra una escala del 15 al 30% de ahorros económicos, con un retorno simple de inversión de 2 a 3 años, congruente con las estimaciones de la CONAE.

Estos datos resultan también coherentes con los números de los ahorros obtenidos en edificios federales en otros países, aunque con menor retorno de inversión que en México, debido a las tarifas eléctricas extremadamente elevadas que las entidades federales pagan.

Vale la pena hacer una paréntesis en este punto, ya que a partir del mes de abril del

2003, y como estrategia para enviar recursos adicionales al sector eléctrico para su actualización tecnológica y crecimiento, se crearon las llamadas Tarifas GF, la cuales no son otra cosa que multiplicar por 2.5 veces el valor de la tarifa aplicable en baja o media tensión a los inmuebles ocupados por entes federales, de manera tal que este pago extraordinario de energía eléctrica significara una inyección adicional de recursos para la CFE.

Desde su inicio estas tarifas fueron aplicadas en forma irregular y hoy en día no se tiene conocimiento exacto de las dependencias y organismos federales que las siguen pagando.

En la Tabla 18, se presentan cifras considerando un ahorro potencial del 20% y 3 años de PSRI para calcular el ahorro potencial de los edificios. Para las instalaciones de los mismos, se fijo un menor potencial del 10% para manejar una estimación conservadora. Estos edificios y sus instalaciones incluyen hospitales, universidades e instalaciones de defensa.

Basándonos en los datos y las hipótesis descritas anteriormente, **el sector público federal de México ofrece un ahorro potencial anual de US\$ 965 millones y un mercado de casi US\$ 3 mil millones en equipos de eficiencia energética y servicios asociados.**

Tabla 18. Estimaciones Preliminares de Potencial de Inversiones y Ahorros Económicos para el Sector Público Federal en Proyectos de Eficiencia Energética

1072 buildings in CONAE inventory database (2002-2005); consumption = 351.4 GWh/y
38,493 federal buildings in Mexico ¹ ; prorated consumption = 12,620 GWh/y
51,694 GWh/y total federal sector consumption in Mexico ²
39,074 GWh/y federal non-buildings consumption
Energy savings potential: 20% of building consumption, and 10% of remaining consumption
Total energy saving potential in Mexican federal sector: 6,431 GWh/y
Value of potential energy savings in Mexican federal sector @ US\$ 0.15/kWh: \$ 965 million/y
Value of potential energy savings in Mexico federal buildings: \$ 380 million/y
Investment required at combined average payback of 3 years, Mexican federal sector: \$2.89 billion

¹ 5^o Informe de Labores del Gobierno Federal, 2005 (Federal Government annual report)

² CONAE projections for 2006

Mientras que los Estados Unidos el planteamiento de inversión de un promedio de US\$ 10.000 es una cantidad muy pequeña para una perspectiva de financiamiento comercial (“bancabilidad”), trabajar en una propuesta a nivel global de docenas de edificios sería una propuesta mucho más atractiva, incluso contemplando la utilización de fondos provenientes de la banca de desarrollo y de organismos multilaterales.

Entre las medidas típicas de eficiencia energética para aplicar en los edificios del sector público se incluyen los siguientes:

- a. La mejora de la eficiencia de iluminación: la instalación de T-8 lámparas y balastos electrónicos;
- b. la sustitución de bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas;
- c. los controles de iluminación: cableado de circuitos de iluminación independientes para un mayor control local de la iluminación, instalación de sensores de presencia en las salas de conferencias, baños y otras áreas no estén en uso continuo;
- d. y la mejora de la iluminación exterior mediante la instalación de descarga con balastos electrónicos, de inducción magnética o de LED’s;
- e. la instalación de software en los servidores informáticos centrales para apagar los ordenadores de escritorio en la oficina durante las horas de descanso, permitiendo los modos de suspensión para reducir la carga y consumo en los enchufes de alimentación en los edificios;
- f. los reemplazos de los pequeños equipos de aire acondicionado, ya sea por la sustitución pura y simple debido a su antigüedad o por la condición de que las unidades de ventana de aire acondicionado son ineficientes, por lo cual se deben buscar aplicaciones con sistemas de alta eficiencia;
- g. la sustitución de refrigerantes en sistemas de aire acondicionado: la evacuación y la disposición adecuada de refrigerante existentes del tipo CFC y el reemplazo con nuevos refrigerantes que no afectan al medio ambiente (Protocolo de Montreal-Protección de la Capa de Ozono), lo que también da lugar a un funcionamiento más eficiente del ciclo de refrigeración;



- h. las mejoras de la eficiencia de Chillers: mediante unidades de tipo tornillo y variadores de frecuencia para mejorar la eficiencia de refrigeración de los edificios en las regiones cálidas del país;
- i. la mejora de la eficiencia de motores: sustituir los motores que cuenten con mucho tiempo de funcionamiento, por nuevos modelos de alta eficiencia; y
- 1. la certificación de edificios verdes: ofrecer una certificación de edificios verdes (como LEED²⁰), que pueden ayudar a integrar la eficiencia energética con los aspectos medioambientales del diseño de construcción y operación, situación que aporta un ahorro aún mayor.

²⁰ Leadership in Energy Efficient Design, a certification of the U.S. Green Building Council, www.usgbc.org

VI. Conclusiones

En la siguiente tabla se muestran de manera conjunta los resultados del análisis realizado al potencial de inversiones y financiamiento para proyectos de eficiencia energética y energías renovables en los nichos que se consideraron más adecuados de atender con una iniciativa de financiamiento comercial en su fase introductoria en materia de operaciones activas:

Tabla 19

Mercado Meta/ Aplicación Tecnológica	Valor de las Inversiones US\$ MM	Valor de Necesidades de Financiamiento US\$ MM	Plazos de los Financiamientos
Sistemas Colectores para Calentamiento de Agua en Tortillerías (Prox. 10 años)	220	176	3-5 años
Proyectos de Cogeneración	4,950	3,465	5-10 años
Proyectos de Cogeneración Pequeña Escala (≤ 1 MW)	450	315	5-10 años
Eficiencia Energética Eléctrica en Mediana y Gran Industria	350	245	5-10 años
Alumbrado Público	6,300	4,410	7-12 años
Generación eléctrica a partir de obtención de Biogás en Rellenos Sanitarios	238	167	5-10 años
Eficiencia Energética en Sistemas de Distribución de Aguas Municipales	982	687	5-10 años
Cogeneración en Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales	300	210	3-5 años
Eficiencia Energética en el Sector Público Federal	3,000	2,100	5-10 años



TOTAL	16,790	11,775	No Aplica

De este potencial global se estima que los nichos a atender son fundamentalmente: proyectos de cogeneración de entre 1 y 10 MW de capacidad de generación eléctrica, proyectos de cogeneración a pequeña escala, eficiencia energética en mediana y gran industria, alumbrado público, generación eléctrica a partir de obtención de biogás en rellenos sanitarios, eficiencia energética en sistemas de distribución de aguas municipales, cogeneración en sistemas de tratamiento de aguas residuales y proyectos en el sector público en el formato de contratación por desempeño o tipo ESCo. Adicionalmente, podría considerarse con un adecuado desarrollo de red de servicio y seguimiento, un programa para atender el nicho de proyectos de CAS's para tortillerías.

Con base en lo anterior **el potencial de mercado para una iniciativa de financiamiento a nivel comercial de proyectos de energía limpia, se estima en el orden de los US\$ 11,775 millones.**